



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09275085 A**(43) Date of publication of application: **21.10.97**

(51) Int. Cl.

H01L 21/304
H01L 21/304
(21) Application number: **08083956**(22) Date of filing: **05.04.96**(71) Applicant: **HITACHI LTD**(72) Inventor: **SAITO AKIO**
OKA HITOSHI

(54) METHOD OF CLEANING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE, CLEANING DEVICE, METHOD OF FILM FORMING FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE AND FILM FORMING DEVICE

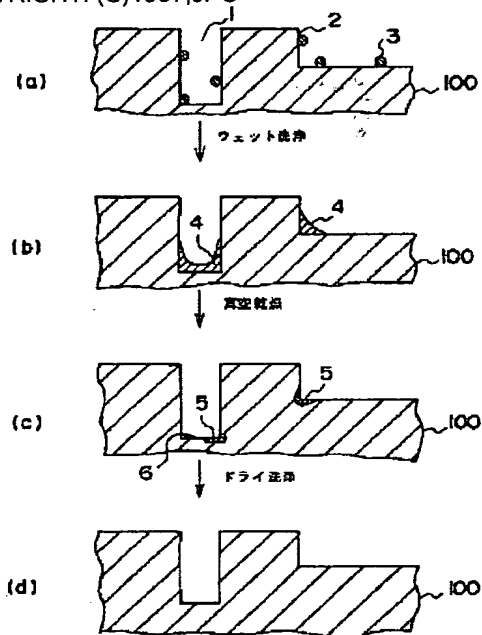
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To clean a cleaning object with the contact holes of high aspect ratio and even at high step parts very cleanly without remaining water marks by cleaning the cleaning object adhered with foreign objects in the sequence of wet cleaning, vacuum drying and dry cleaning.

SOLUTION: The foreign objects 3 adhered to the surface of a cleaning object 100 are removed with the wet cleaning by bringing foreign object in contact with cleaning liquid (water) 4. After the wet cleaning, the water 4 remaining inside the contact holes 1 of high aspect ratio and in high step parts 2 is dried by vacuum drying. The vacuum drying is a method of drying that promotes the evaporation of liquid by decompressing the atmosphere around the cleaning object 100. After drying, a water mark 5 and the residue 6 of contamination contained in the water 4 are removed by dry etching. With this, the inside of the contact holes 1 of high aspect ratio and the high step parts 2 are dried

effectively without leaving the water mark and highly clean semiconductor substrate 100 is obtained.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-275085

(43) 公開日 平成9年(1997)10月21日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/304	3 4 1		H 0 1 L 21/304	3 4 1 M
				3 4 1 D
	3 5 1			3 5 1 S
				3 5 1 V

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平8-83956

(22) 出願日 平成8年(1996)4月5日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 斉藤 昭男

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 岡 齊

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 富田 和子

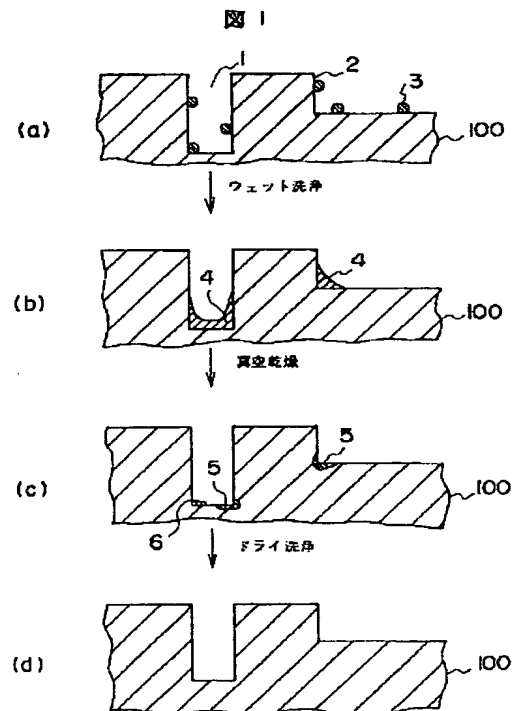
(54) 【発明の名称】 半導体基板の洗浄方法ならびに洗浄装置および半導体基板製造用成膜方法および成膜装置

(57) 【要約】

【課題】 高アスペクト比コンタクトホールや高段差部であっても、ウォータマークを残すことなく高洗浄に洗浄する。

【解決手段】 ウエット洗浄、真空乾燥、ドライ洗浄を、この順で行なう。また、ドライ洗浄後に被洗浄物の清浄度を検査し、基準値に達していなければ、洗浄処理の少なくとも一部を再実行する。

【効果】 半導体装置等のエレクトロニクス部品の歩留まりを高めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】被洗浄物表面の汚染物質を、洗浄液に接触させることにより除去するウェット洗浄工程と、被洗浄物周囲の雰囲気を減圧にすることにより、被洗浄物表面を乾燥させる乾燥工程と、被洗浄物表面の汚染物質を、ドライエッチングにより除去するドライ洗浄工程とを、この順で備えることを特徴とする半導体基板の洗浄方法。

【請求項2】請求項1において、上記乾燥工程は、上記被洗浄物および上記雰囲気の中の、少なくとも一方の加熱を含むことを特徴とする半導体基板の洗浄方法。

【請求項3】請求項1において、上記ウェット洗浄工程と、上記乾燥工程との間に、上記被洗浄物表面に存在する液体を、遠心力により除去するスピン乾燥工程と、上記被洗浄物表面に存在する液体を、該液体と共沸する液体の蒸気により共沸させて除去する蒸気乾燥工程との、少なくともいずれかを、さらに備えることを特徴とする半導体基板の洗浄方法。

【請求項4】請求項1において、上記乾燥工程は、2.5分以上、被洗浄物周囲の雰囲気を減圧にすることを特徴とする半導体基板の洗浄方法。

【請求項5】請求項1において、上記乾燥工程と、上記ドライ洗浄工程とは、同一チャンバ内で行われることを特徴とする半導体基板の洗浄方法。

【請求項6】請求項1において、上記ドライ洗浄工程は、プラズマあるいは紫外線により活性化された塩素系ガスに基板を曝す工程と、プラズマあるいは紫外線により活性化された酸素ガスに基板を曝す工程と、プラズマあるいは紫外線により活性化されたオゾンガスに基板を曝す工程と、プラズマにより活性化された水素ガスに基板を曝す工程と、プラズマにより活性化されたフッ素系ガスに基板を曝す工程とのうちの少なくともいずれかの工程を備えることを特徴とする半導体基板の洗浄方法。

【請求項7】基板表面を洗浄する洗浄工程と、該基板表面に膜を形成する成膜工程とを、この順で備える半導体基板製造用の成膜方法において、上記洗浄工程は、被洗浄物表面の汚染物質を、洗浄液に接触させることにより除去するウェット洗浄工程と、被洗浄物周囲の雰囲気を減圧にすることにより、被洗浄物表面を乾燥させる乾燥工程と、

被洗浄物表面の汚染物質を、ドライエッチングにより除去するドライ洗浄工程とを、この順で備えることを特徴とする半導体基板の成膜方法。

【請求項8】請求項7において、上記成膜工程は、上記基板表面に気相成長法により膜を形成する工程であることを特徴とする半導体基板製造用の成膜方法。

【請求項9】半導体基板表面の洗浄工程を備える半導体素子の製造方法において、

10 上記洗浄工程は、被洗浄物表面の汚染物質を、洗浄液に接触させることにより除去するウェット洗浄工程と、被洗浄物周囲の雰囲気を減圧にすることにより、被洗浄物表面を乾燥させる乾燥工程と、被洗浄物表面の汚染物質を、ドライエッチングにより除去するドライ洗浄工程とを、この順で備えることを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項10】請求項9において、上記半導体素子は、アスペクト比が7以上のコンタクトホールを有することを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項11】ウェット洗浄のためのウェット洗浄槽と、上記ウェット洗浄槽に洗浄液を供給する洗浄液供給機構と、内部を減圧するための真空吸引口を備える乾燥チャンバと、ドライ洗浄のためのドライ洗浄チャンバと、上記ドライ洗浄チャンバ内でドライエッチングをするドライエッチング機構とを備えることを特徴とする半導体基板の洗浄装置。

【請求項12】請求項11において、基板表面の清浄度に応じて洗浄処理の少なくとも一部を再実行するためのモニタ機構を、さらに備えることを特徴とする半導体基板の洗浄装置。

【請求項13】ウェット洗浄のためのウェット洗浄槽と、上記ウェット洗浄槽に洗浄液を供給する洗浄液供給機構と、内部を減圧するための真空吸引口を備える乾燥チャンバと、上記乾燥チャンバ内でドライエッチングをするドライエッチング機構と、基板表面の清浄度に応じて洗浄処理の少なくとも一部を再実行するためのモニタ機構とを備えることを特徴とする半導体基板の洗浄装置。

【請求項14】請求項12または13において、上記モニタ機構は、ドライ洗浄処理後の被洗浄物表面の清浄度を検出するセンサと、

被洗浄物をドライ洗浄槽に戻すための戻し搬送手段と、センサにより検出された洗浄度があらかじめ定められた値に達していなければ、戻し搬送手段に、被洗浄物をドライ洗浄槽に戻させる制御手段とを備えることを特徴とする半導体基板の洗浄装置。

【請求項15】基板表面を洗浄する洗浄機構と、該基板表面に膜を形成する成膜機構とを備える半導体基板製造用の成膜装置において、

上記洗浄機構は、

ウェット洗浄のためのウェット洗浄槽と、

上記ウェット洗浄槽に洗浄液を供給する洗浄液供給機構と

内部を減圧するための真空吸引口を備える乾燥チャンバと、

ドライ洗浄のためのドライ洗浄チャンバと、

上記ドライ洗浄チャンバ内でドライエッチングを行うための機構とを備えることを特徴とする半導体基板製造用の成膜装置。

【請求項16】請求項15において、

上記成膜機構は、

上記乾燥チャンバおよび上記ドライ洗浄チャンバのうちの少なくともいずれかのチャンバ内において、気相成長法により上記基板表面に成膜する機構を、さらに備えることを特徴とする半導体基板製造用の成膜装置。

【請求項17】請求項15において、

基板表面の清浄度に応じて洗浄処理の少なくとも一部を再実行するためのモニタ機構を、さらに備えることを特徴とする半導体基板製造用の成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造工程等において、半導体ウエハ等の半導体基板の表面を清浄にする洗浄技術に係り、特に高アスペクト比のコンタクトホールや高段差部を有する素子洗浄時に発生しやすいウォータマークの発生を防止する洗浄方法および洗浄装置と、該洗浄方法を用いた成膜方法および成膜装置とに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体ウエハ等の半導体基板の表面に形成される集積回路は、近年ますます集積度が増加しており、パターンの線幅が微細化してきている。例えば、64Mbit DRAM (Dynamic Random Access Memory) の最小加工寸法は0.3μmであり、256Mbit DRAMの最小加工寸法は0.2μmである。したがって、製造工程における微量の汚染（異物・金属汚染、有機物汚染等）であっても、それらの製品の品質や歩留まりを著しく低下させる。

【0003】この半導体基板の洗浄には、例えば、アールシーエーレビュー (RCA Review) 第31巻第187～206頁 (1970年) で述べられているよ

うに、アンモニア水と過酸化水素水の混合物や塩酸と過酸化水素水の混合物を80℃程度に加熱し、これにウエハを浸漬する方法による洗浄 (RCA洗浄) が一般に行なわれている。このような洗浄方法は、基板表面を溶液に接触させて洗浄するため、ウェット洗浄とよばれている。ウェット洗浄後の基板の乾燥方法としては、通常、遠心力を利用したスピン乾燥、または、アルコール（主としてイソプロピルアルコール）を用いた蒸気乾燥が用いられている。

10 【0004】このウェット洗浄法を用いた場合、大きく歩留りを低下させる要因となるものがウォータマークと呼ばれる乾燥後のしみである。ウォータマークとは、乾燥中に形成された自然酸化膜、あるいはこの自然酸化膜が液中に溶け出し、乾燥後に基板表面に残った残渣である。ウォータマークは、例えば洗浄後にポリシリコン膜をエッチングする場合、ウォータマーク部分のみ酸化膜であるためエッチングできず、従って広い範囲に不良を生じさせるものであるため、半導体洗浄技術の大きな問題となっている。ウォータマークは特にコンタクトホール内や高段差部に形成されやすいと考えられ、従来技術においても洗浄後乾燥を開始するまでの時間を短くする、乾燥速度を速くする等、いろいろな工夫がなされている。

20 【0005】また、ウェット洗浄とは異なり、気相中でプラズマ、光、熱等により励起された活性分子や活性原子を汚染物質と反応させることにより、被洗浄物表面の汚染を除去する方法 (ドライ洗浄法) も、基板の洗浄に用いられている。このドライ洗浄法は、まだ半導体基板の量産に一般的に用いられているわけではないが、金属汚染、有機物汚染、および自然酸化膜の除去に有効であり、研究レベルでは既にいくつかの技術が提案されている。

30 【0006】例えば、金属汚染に対しては特開昭62-42530号公報で述べられている塩素ガスに紫外光を照射する洗浄方法等が、有機物汚染に対しては特開平4-75324号公報で述べられているプラズマで活性化された酸素ガスによりドライエッチングする洗浄方法等が、またウォータマークの成分である自然酸化膜に対しては特開平6-338478号公報で述べられているプラズマで活性化された三フッ化窒素によりドライエッチングする洗浄方法等が、それぞれ知られている。

40 【0007】

【発明が解決しようとする課題】基板の高集積化に伴い、コンタクトホールの孔径も、配線幅と同様に微細になっているが、孔の深さは深くなる傾向にあり、孔径と深さの比 (アスペクト比) はますます大きくなってきている。また、配線の微細化に伴い、配線抵抗を少しでも低くするため配線の高さを高くする必要があり、従って高段差部が増加する傾向にある。

50 【0008】このようなコンタクトホール内や高段差部

は、液体に浸漬された後に十分な乾燥を行うことが難しい。従って、ウェット洗浄を行なった後、上述のスピン乾燥や蒸気乾燥を行っても、コンタクトホール内や高段差部の液は十分に乾燥できず、液残りが生ずやすい。スピン乾燥の場合、コンタクトホール内や高段差部の液を遠心力によって飛び出させることができない。また、イソプロピルアルコールを用いた蒸気乾燥の場合は、コンタクトホール内や高段差部の液とアルコール蒸気との置換をスムーズに行なうことができないため、十分な乾燥ができない。

【0009】このため、結果として長時間の自然乾燥を要することになる。従って、基板の集積度が現状よりも高くなると、現状でも大きな問題となっている自然酸化膜すなわちウォータマークが、従来よりも大量に発生し、歩留りが大幅に低下して、半導体素子の製造に支障を来すことが予想される。

【0010】しかし、液体を使用しないためウォータマークが発生することのないドライ洗浄のみでは、微小異物による汚染を除去することは困難であり、基板表面に付着した異物を除去するためには、ウェット洗浄を避けることはできない。

【0011】このため、ウォータマークのない清浄な表面を得るために、ウェット洗浄後に、さらに基板表面を処理してウォータマークを除去する技術が提案されている。例えば、特開昭61-212375号公報には、ウェット洗浄後に続けてドライ洗浄を行う洗浄方法が記載されている。しかし、この方法では、高集積基板のコンタクトホール内や段差部に生じる多量のウォータマークを完全に除去することはできなかった。この方法では、ドライ洗浄の前に、高アスペクト比のコンタクトホール内や高段差部に大量のウォータマークが形成されてしまい、これを完全に除去するためには相当に激しい反応を用いなければならない。しかし、コンタクトホールは絶縁膜（酸化シリコン膜）中に形成されることが多く、ウォータマークも絶縁膜も酸化シリコンからなるため、激しい反応によりウォータマークを除去しようとする、絶縁膜をエッチングすることになってしまうのである。このように、多量のウォータマークをドライ洗浄により除去すると、半導体素子に、ウォータマーク以外の部分（例えば絶縁層）をエッチングする等のダメージを与えることとなる。従って、このような方法を高集積基板に用いることは実用上現実的ではない。

【0012】そこで、特開昭63-45822号公報および特開平5-90239号公報では、ウェット洗浄とドライ洗浄との間に、基板を蒸気乾燥またはスピン乾燥する技術が提案されている。特開昭63-45822号公報記載の洗浄方法では、ウェット洗浄後に、基板をイソプロピルアルコールを用いた蒸気乾燥法で乾燥させ、次いでフッ素あるいはフッ化水素ガス雰囲気中でウエハを加熱することによりウォータマークを除去する。ま

た、特開平5-90239号公報記載の洗浄方法では、ウェット洗浄の後、スピン乾燥を行い、次いでフッ化水素の蒸気によるドライ洗浄を行う。

【0013】しかし、上述のように、蒸気乾燥法やスピン乾燥法では、アスペクト比が5以上のコンタクトホール内を十分に乾燥させることは困難である。従って、ウェット洗浄とこれらの方法による乾燥とを行った後、ドライ洗浄を行ったとしても、コンタクトホールのアスペクト比が高くなると、乾燥後に多量のウォータマークが残ることになり、ドライ洗浄では除去しきれないため、アスペクト比が7以上のコンタクトホール内にはウォータマークが残ってしまうという問題が生じる。

【0014】そこで、本発明は、上述の従来技術における問題を解消し、基板表面の高清浄性を実現する洗浄方法および洗浄装置と、該洗浄方法を用いることにより、良好な膜特性を有する膜を形成する成膜方法および成膜装置とを提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明では、被洗浄物表面の汚染物質を、洗浄液に接触させることにより除去するウェット洗浄工程と、被洗浄物周囲の雰囲気減圧にすることにより、被洗浄物表面を乾燥させる乾燥工程と、被洗浄物表面の汚染物質を、ドライエッチングにより除去するドライ洗浄工程とを、この順で備える半導体基板の洗浄方法が提供される。さらに、本発明では、本発明の洗浄方法を用いて半導体基板を洗浄する洗浄装置と、本発明の洗浄方法により洗浄した後、成膜する、半導体基板の成膜方法、および、該成膜方法を用いる成膜装置とが提供される。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の洗浄方法は、ウェット洗浄に引き続き、真空乾燥法により乾燥した後、ドライ洗浄法を行うというものである。本発明者らは、ウォータマークの発生メカニズムおよびその防止法について鋭意検討した結果、ウェット洗浄と、真空乾燥と、ドライ洗浄とをこの順で組み合わせることにより、将来非常に大きな問題になると予想されるウォータマークの発生を、完全に防止できるという知見を得た。本発明は、この知見に基づくものである。

【0017】真空乾燥法は、高アスペクト比のコンタクトホール内や高段差部に残った液を急速に乾燥させることができるため、ウォータマークの発生量を著しく少なくすることができる。しかし、真空乾燥法では、ウェット洗浄において基板表面に残った洗浄液（またはリンス液）を蒸発により除去するため、液中に存在する汚染物が液の蒸発とともに析出して、基板表面に付着してしまう。そこで、本発明では、これらの汚染やウォータマークを完全に除去するため、真空乾燥後にドライ洗浄を実施する。本発明では、ウェット洗浄と、真空乾燥と、ドライ洗浄とをこの順で実施することにより、完璧な洗浄

が実現される。

【0018】つぎに、本発明の洗浄方法を、図1を用いて説明する。

(1) ウエット洗浄工程

まず、被洗浄物(半導体基板)100の表面に付着した異物3(図1(a))を、ウエット洗浄で除去する(図1(b))。

【0019】(2) 真空乾燥工程

ウエット洗浄後、高アスペクト比のコンタクトホール1内や高段差部2に残っている水(洗浄液)4を、真空乾燥により乾燥させる。ここで、真空乾燥とは、被洗浄物周囲の雰囲気気を減圧(望ましくは真空)にすることで、液体の蒸発を促進する乾燥法であり、減圧に際して被洗浄物または雰囲気気を加熱すれば、さらに効率良く短時間に乾燥することができる。なお、真空度は、100mmHg~10-12mmHgとすることが好ましく、10mmHg~10-12mmHgとすることが特に好ましい。

【0020】(3) ドライ洗浄工程

乾燥後、ウォータマーク5や、水4に含まれていた汚染(金属汚染および有機物汚染)の残渣6を、ドライエッチングにより除去する。このドライ洗浄工程の具体例としては、プラズマあるいは紫外線により活性化された塩素系ガスに基板を曝す工程、プラズマあるいは紫外線により活性化された酸素ガスあるいはオゾンガスに基板を曝す工程、プラズマにより活性化された水素ガスに基板を曝す工程、プラズマにより活性化されたフッ素系ガスに基板を曝す工程、などが挙げられる。ドライ洗浄工程としては、これらの工程のうちのいずれか一工程を用いればよいが、これらのうち二以上の工程を組み合わせれば、さらに効率よく基板表面を清浄にすることができるため望ましい。

【0021】なお、乾燥工程とドライ洗浄工程とは、同じチャンバ内で行ってもよい。また、ウエット洗浄工程と、乾燥工程との間に、ウエハ面上に残存する洗浄水を、蒸気乾燥またはスピン乾燥などの従来法により大まかに除去する工程を、さらに備えていてもよい。このようにすれば、真空(減圧)乾燥の時間を短縮でき、好ましい。

【0022】なお、本発明によれば、従来技術ではウォータマークを防止することのできなかった、アスペクト比7以上のコンタクトホールであっても、その内壁にウォータマークが形成されることを防止できる。従って、本発明の洗浄方法および洗浄装置は、アスペクト比7以上のコンタクトホールを備える半導体基板の洗浄に特に適している。また、本発明の成膜方法は、このような高アスペクト比のコンタクトホールを有する半導体基板の製造に特に適している。なお、本発明は基板のバッチ処理、枚葉処理のいずれにも適用可能である。

【0023】また、本発明では、基板表面を、上述した

本発明の洗浄方法により洗浄する洗浄工程と、該表面に膜を形成する成膜工程とを、この順で備える半導体基板の成膜方法が提供される。膜の形成には、気相成長法(例えば、CVD(化学蒸着法)またはスパッタ等)を用いることができる。形成される膜には、窒化膜や酸化膜、導体(例えばアルミニウム)膜などがある。本発明の洗浄方法によれば、非常に清浄度の高い表面を得ることができる。従って、本発明の洗浄方法により表面を清浄にした上で成膜する本発明の成膜方法によれば、成膜の歩留りを高くすることができる。

【0024】なお、半導体基板は、通常、洗浄工程、酸化工程、イオン打ち込み工程、成膜工程、アニール工程、リソグラフィ工程、エッチング工程の7種の工程を、所定の順序で繰り返すことにより製造され、半導体素子は、このようにして得られた半導体基板に対するパッシベーション工程および組み立て工程により製造される。本発明では、洗浄工程に、上述した本発明の洗浄方法を用いる半導体基板または半導体素子の製造方法も提供される。

【0025】さらに、本発明では、上述した本発明の洗浄方法に用いられる洗浄装置が提供される。本発明の洗浄装置は、ウエット洗浄のためのウエット洗浄槽と、該ウエット洗浄槽に洗浄液を供給する洗浄液供給機構と、チャンバ内の雰囲気気を吸引して減圧にするための真空吸引口を備える乾燥チャンバと、ドライ洗浄のためのドライ洗浄チャンバと、該ドライ洗浄チャンバ内でドライエッチングをするためのエッチング機構とを備える。このエッチング機構には、例えば、ドライ洗浄チャンバ内にガスを供給するガス供給機構と、プラズマまたは紫外線を発生させて該ガスを活性化する活性化機構とを備えるものや、ドライ洗浄チャンバ内にガスを供給するガス供給機構と、ドライ洗浄チャンバ内に保持された被洗浄物を加熱するための加熱機構とを備えるものなどがある。

【0026】なお、乾燥チャンバとドライ洗浄チャンバとして、一つのチャンバを共通に用いてもよい。すなわち、本発明の洗浄装置は、ウエット洗浄槽と、洗浄液供給機構と、真空吸引口を備えるドライ洗浄チャンバと、エッチング機構とを備えるよう構成してもよい。また、ウエット洗浄槽および乾燥チャンバの間と、乾燥チャンバおよびドライ洗浄チャンバの間とに、それぞれ、適宜搬送機構を設けてもよい。なお、乾燥効率をさらに高めることができるため、乾燥中に被洗浄物を加熱する手段を設けておくことが望ましい。

【0027】本発明の洗浄装置は、基板表面の清浄度に、応じて洗浄処理の少なくとも一部を再実行するためのモニタ機構を、さらに備えていなければ、被洗浄物表面の清浄度を一定の水準に保つことができるので好ましい。このモニタ機構の構成としては、例えば、ドライ洗浄処理後の被洗浄物表面の清浄度を検出するセンサと、被洗浄物をドライ洗浄槽に戻すための戻し搬送手段と、セン

サにより検出された洗浄度があらかじめ定められた値に達していなければ、戻し搬送手段に、被洗浄物をドライ洗浄槽に戻させる制御手段とを備えるものがある。なお、ドライ洗浄槽の代わりに、ウェット洗浄槽に戻させるようにしてもよい。

【0028】さらに、本発明では、成膜機構と、本発明の洗浄装置とを備える成膜装置が提供される。成膜機構には、気相成長法により成膜する機構があり、例えば、成膜のための成膜チャンバと、該成膜チャンバ内において、気相成長法により上記基板表面に成膜する機構とを備えるものなどがある。この気相成長法により上記基板表面に成膜する機構には、例えば、CVDにより成膜する機構、プラズマCVDにより成膜する機構、スパッタにより成膜する機構などがある。なお、成膜機構の成膜チャンバと、洗浄装置のドライ洗浄チャンバまたは乾燥チャンバとを、一つのチャンバを共用することにより実現しても構わない。

【0029】この成膜装置においても、上述のモニタ機構を備えていることが望ましい。成膜装置にモニタ機構を設ける場合、成膜機構の成膜チャンバと洗浄装置のドライ洗浄チャンバとの間に送り搬送機構を設け、制御手段は、センサにより検出された洗浄度があらかじめ定められた値に達していなければ、戻し搬送手段に、被洗浄物をドライ洗浄槽に戻させ、センサにより検出された洗浄度があらかじめ定められた基準値に達していれば、送り搬送手段に、洗浄後の基板を成膜チャンバに搬送させるようにすることが望ましい。なお、洗浄度が基準値に達していない場合、ドライ洗浄槽の代わりにウェット洗浄槽に、被洗浄物を戻させるようにしてもよい。

【0030】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。なお、以下の実施例では、シリコンウエハを被洗浄物としているが、本発明の洗浄方法の被洗浄物は、これに限られるものではない。

【0031】(実施例1～3) 実施例1～3では、図2(a)に示すように、深さの異なる複数のコンタクトホール8(孔径0.5 μ m)を有する直径6インチのシリコンウエハ7を、被洗浄物として用いて、以下の実験を行った。

【0032】A. 洗浄装置

まず、本実施例で用いた洗浄装置について説明する。本実施例の洗浄装置は、図3に示すように、ドライ洗浄チャンバ10と、ドライ洗浄チャンバ内にガスを供給するガス供給機構13と、ガスを活性化する活性化機構(プラズマを発生させるためのマイクロ波電源15、および、紫外線を照射するための紫外線ランプ16)と、チャンバ10内の雰囲気気を吸引して減圧にするための真空排気装置18とを備える。

【0033】ドライ洗浄チャンバ10内には、試料加熱台12が設けられている。また、チャンバ10は、内部

を減圧するための真空吸引口18aと、紫外線ランプ16から照射された光を透過する石英窓17と、ガスをチャンバ内に導入するためのガス導入口14aとを備える。真空吸引口18aは、真空排気装置18に連通されている。ガス導入口14aは、キャビティ14に連通されており、キャビティ14は、ガス供給機構13およびマイクロ波電源15と連通されている。

【0034】なお、本実施例の洗浄装置では、ドライ洗浄において洗浄ガスをプラズマで励起させる場合には、ガス供給機構13によりチャンバ10内に洗浄ガスを導入し、キャビティ14によりプラズマを発生させればよい。また、洗浄ガスを紫外線により励起させる場合には、ガス供給機構13によりチャンバ10内に洗浄ガスを導入し、ランプ16によりチャンバ10内に紫外線を照射すればよい。

【0035】B. 洗浄工程

つぎに、本実施例の洗浄方法について説明する。まず、洗浄液を用いてウエハ7をウェット洗浄した。すなわち、27重量%アンモニア水、30重量%過酸化水素水、および水を、容積比1:1:5の割合で混合して、洗浄液とし、この洗浄液の温度を80℃に保持して、ウエハ7をこの洗浄液中に10分間浸漬し、次に超純水中で10分間水洗した。なお、本実施例で用いた洗浄液は、RCA洗浄液といわれ、シリコンウエハ上に付着した異物を除去するのに有効である。

【0036】つぎに、0.25重量%フッ化水素酸水溶液中にウエハ7を30秒間浸漬し、超純水中で10分間水洗して、この処理はコンタクトホール底部の自然酸化膜を除去した。

【0037】つぎに、ウエハ7をスピン乾燥法にて乾燥し、直ちに上述の洗浄装置の試料加熱台12に載置し、真空排気装置18を作動させて、10分間、チャンバ10内を真空に保持した後、用いるドライエッチング法に依じて、ガス供給機構13より洗浄ガスを導入し、キャビティ14によりプラズマを発生させるか、または、ランプ16により紫外光を照射することで、洗浄ガスを励起させて、ウエハ7のドライ洗浄を行なった。なお、真空乾燥中のチャンバ内雰囲気およびウエハ7は、室温のまま、加熱しなかった。

【0038】C. 成膜工程

以上の洗浄方法により洗浄されたシリコンウエハ7の表面に、図2(b)に示すように、CVD法によりポリシリコン膜9を形成し、リソグラフィによりパターンニングした後、コンタクト抵抗を測定した。実際には、図2に示したそれぞれのアスペクト比のコンタクトホールが紙面に垂直な方向にいくつか形成されており、その直列抵抗からコンタクト抵抗を評価した。

【0039】各実施例において用いたドライエッチング方法と、測定されたコンタクト抵抗比とを、表1に示す。なお、コンタクト抵抗比は、真空乾燥およびドライ

洗浄を行わない場合（比較例1）の、アスペクト比3の
コンタクト抵抗値に対する比率である。

【0040】

【表1】

表 1

No.	真空乾燥	ドライ洗浄		アスペクト 比	コンタクト 抵抗比*
		ガス	励起方法		
実施例1	10分	CF ₄ + O ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.9 1 1.1 1
実施例2	10分	H ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.9 0.8 0.9 1
実施例3	10分	NF ₃	紫外光	3 5 7 9	0.9 1 1.1 1.1
比較例1	なし	—	—	3 5 7 9	1 8 20 30

*比較例1のアスペクト比3の場合を1とする。

【0041】真空乾燥およびドライ洗浄を両方行なった実施例1～3は、アスペクト比が大きいコンタクトホールでもコンタクト抵抗が変化せず、本発明の効果が実証できた。

【0042】（比較例1）本比較例では、真空乾燥とドライ洗浄とを実施しない以外は実施例1～3と同様にして、ポリシリコン膜9を備えるシリコンウエハを作成した。すなわち、本比較例では、ウェット洗浄の後、スピンドル乾燥のみによりウエハを乾燥させ、そのままポリシリコン膜9の成膜を行い、得られたウエハのコンタクト抵抗を測定した。結果を表1に示す。

【0043】表1からわかるように、本比較例のウエハでは、コンタクトホールのアスペクト比が5より大きく

20 になると、コンタクト抵抗が極端に大きな値となった。これは、コンタクトホール中に水分が残ってしまうため、自然乾燥とともにウォータマークが大量に形成されるためである。

【0044】（比較例2～4）さらに、真空乾燥、ドライ洗浄が、それぞれ単独ではどの程度の効果があるのかを確認するため、真空乾燥およびドライ洗浄のいずれかを実施しない以外は実施例1～3と同様にして、ポリシリコン膜9を備えるシリコンウエハを作成した。各比較例における真空乾燥の時間およびドライ洗浄のドライエ

30 ッチング方法と、実験結果とを、表2に示す。

【0045】

【表2】

表 2

No.	真空乾燥	ドライ洗浄		アスペクト 比	コンタクト 抵抗比*
		ガス	励起方法		
比較例2	10分	—	—	3 5 7 9	1 8 10 12
比較例3	なし	CF ₄ + O ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.9 1.5 5 7
比較例4	なし	H ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.9 1.2 4 5

*比較例1のアスペクト比3の場合を1とする。

【0046】表2から、真空乾燥のみの場合（比較例2）、アスペクト比7以上のコンタクトホールでは、比較例1より良好な値が得られたが、アスペクト比3の場合に比べて10倍以上の高い抵抗値を示し、十分な洗浄

効果が得られていないことがわかる。また、ドライ洗浄のみの場合（比較例3、4）、真空乾燥のみの比較例2に比べれば良好な結果ではあるが、やはり、アスペクト比の増加に伴い、抵抗値がかなり増加している。本比較例

2～4の結果から、真空乾燥とドライ洗浄とを組み合わせることなく、それぞれ単独で実施した場合には、ウォーターマークを完全に防止することはできないということがわかった。

【0047】（実施例4～6）つぎに、真空乾燥の時間依存性について調べるため、乾燥時間を変えた他は、実

施例2と同様にして、コンタクト抵抗を測定した。各実施例における乾燥時間と、得られた結果とを表3に示す。

【0048】

【表3】

表 3

No	真空乾燥	ドライ洗浄		アスペクト 比	コンタクト 抵抗比*
		ガス	励起方法		
実施例4	2.5分	H ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.9 1 1.5 4
実施例5	5分	H ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.9 1 1.5 1.8
実施例6	7.5分	H ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.9 0.9 1 1.1

*比較例1のアスペクト比3の場合を1とする。

【0049】表3からわかるように、乾燥時間を長くするとともに結果は良好となるが、真空乾燥の時間を2.5分にしても、アスペクト比7の場合のコンタクト抵抗比が1.5と、十分な効果が得られ、7.5分以上であれば、実施例2とほぼ同様の良好な結果が得られる。

【0050】（実施例7～10）本実施例では、真空乾燥中の被洗浄物の加熱の効果について検討した。すなわ

ち、本実施例では、真空乾燥中に試料加熱台12によりウエハを加熱して100℃に保持した他は、実施例4～6および実施例2と同様にして、洗浄効果を評価した。結果を表4に示す。

【0051】

【表4】

表 4

No	真空乾燥	ドライ洗浄		アスペクト 比	コンタクト 抵抗比*
		ガス	励起方法		
実施例7	約100℃ 2.5分	H ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.9 1 1.1 1.8
実施例8	約100℃ 5分	H ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.8 0.8 0.9 0.9
実施例9	約100℃ 7.5分	H ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.8 0.9 1 1
実施例10	約100℃ 10分	H ₂	プラズマ	3 5 7 9	0.9 0.9 0.9 0.9

*比較例1のアスペクト比3の場合を1とする。

【0052】表4に示したように、本実施例から、ウエハ7を加熱することで、常温の場合より短時間で良好な結果が得られることがわかった。すなわち、真空乾燥中にウエハ7を約100℃に保持すれば、5分以下の真空乾燥でも非常に良好な効果が得られる。従って、ウエハ7を真空乾燥中に加熱すれば、洗浄工程のスループット

を改善することができる。

【0053】（実施例11）図4に示すような、底面が縦横各30μmの正方形であり、主表面41との段差が0.5μmである凹部40を複数備えるシリコンウエハ7を用意し、実施例1と同様にして、ウエット洗浄、スピン乾燥、真空乾燥の各処理をこの順で行ない、ウエハ

7表面を電子顕微鏡により観察したところ、ウォータマークは全く見られなかった。なお、ウォータマークは自然酸化膜であるため、電子顕微鏡で見るとチャージアップして他の部分とは違って見える。そこで、この外観の相違をもとに、ウォータマークを識別できる。

【0054】(比較例5) 実施例1で用いたものと同様のパターンを有するシリコンウエハ7を、比較例1と同様にウエット洗浄およびスピン乾燥して、その表面を電子顕微鏡により観察した。観察したシリコンウエハ7の平面図を図5(a)に示し、その部分拡大図を図5

(b)に示す。図5(b)に示したように、凹部40の段差部2にウォータマーク5が観察された。

【0055】(実施例12~18) 本実施例では、本発明の洗浄方法が、金属汚染または有機物汚染を効果的に

表 5

No	汚染	真空乾燥	ドライ洗浄		表面汚染量 (個/cm ²)
			ガス	励起方法	
実施例12	Ni	あり	Cl ₂	紫外光	<1×10 ¹⁰
実施例13		あり	Cl ₂	プラズマ	<1×10 ¹⁰
比較例6		なし	—	—	1×10 ¹¹
実施例14	Fe	あり	Cl ₂	紫外光	<1×10 ¹⁰
実施例15		あり	Cl ₂	プラズマ	<1×10 ¹⁰
比較例7		なし	—	—	1.2×10 ¹¹
実施例16	Cu	あり	Cl ₂	紫外光	<1×10 ¹⁰
実施例17		あり	Cl ₂	プラズマ	<1×10 ¹⁰
比較例8		なし	—	—	9×10 ¹⁰
実施例18	有機物	あり	O ₂	プラズマ	0.1*
比較例9		なし	—	—	1.2*

* オージェピーク強度比 C/Si

【0058】なお、金属イオンによる汚染は、Ni, Fe, Cuの各原子吸光用標準試薬をそれぞれ用いて形成した。すなわち、金属量が0.1ppmとなるように調整した水溶液中にウエハ7を10分間浸漬し、さらに超純水中に10分間浸漬した後、スピナにより乾燥させて形成した。また、有機物汚染は、界面活性剤(ドデシル硫酸トリエタノールアミン)の10⁻⁴モル/L水溶液を用い、同様にウエハ7上に飛散させて行った。

【0059】(比較例6~9) 実施例12~18と同様に汚染させたウエハ7を、比較例5と同様にウエット洗浄およびスピン乾燥した後、真空乾燥、およびドライ洗浄を行うことなく、実施例12~18と同様にして表面の汚染量を測定したところ、表5に示したように、実施例12~18に比べ、汚染物質の残存量がはるかに高いことがわかった。これは、汚染物質を含む洗浄液および/またはリンス液が段差部に残り、これが自然乾燥することで汚染がウエハ7上に残ったためであると考えられる。

除去できることを確認した。すなわち、実施例11と同様のシリコンウエハ7を予め汚染した後、表5に示すように種々のドライエッチング法を用いた他は、実施例11と同様に、ウエット洗浄、スピン乾燥、真空乾燥の各処理をこの順で行なった。

【0056】本実施例により洗浄されたウエハ7においても、実施例11と同様、ウォータマーク5は観察されなかった。また、洗浄後のウエハ7表面の汚染量を測定したところ、表5に示すように、汚染はほとんど検出されなかった。なお、金属汚染の汚染量については全反射蛍光X線法を用い、有機物汚染の汚染量についてはオージェ電子分光法を用いて、それぞれ測定した。

【0057】

【表5】

【0060】(実施例19) 本実施例では、枚葉処理によりシリコンウエハ表面を洗浄した。本実施例で用いた洗浄装置を図6に示す。

【0061】本実施例で用いた洗浄装置は、実施例1で用いた洗浄装置に構成に加えて、ドライ洗浄チャンバ10にゲートバルブ23を介して連通された準備室20と、該準備室20内を減圧するための真空排気装置18bと、準備室20に連通された枚葉ウエット洗浄チャンバ19と、枚葉ウエット洗浄チャンバ19内に洗浄液およびリンス液61を供給する洗浄液供給機構60と、各チャンバ19, 20, 10間でウエハ7を搬送するための搬送機構(図示せず)とを備える。枚葉ウエット洗浄チャンバ19は、内部にスピナ22を備える。

【0062】なお、本実施例の洗浄装置においても、実施例1の装置と同様、ドライ洗浄において洗浄ガスをプラズマで励起させる場合には、ガス供給機構13によりチャンバ10内に洗浄ガスを導入し、キャビティ14によりプラズマを発生させればよい。また、洗浄ガスを紫

17

外線により励起させる場合には、ガス供給機構13によりチャンバ10内に洗浄ガスを導入し、ランプ16によりチャンバ10内に紫外線を照射すればよい。

【0063】つぎに、本実施例の洗浄方法について説明する。まず、枚葉ウエット洗浄チャンバ19のスピナ22の載置台上にウエハ7を固定し、洗浄液供給機構60から洗浄液および超純水61を順次噴射して、ウエハ7をウエット洗浄した。つぎに、スピナ22の載置台を回転させることで、ウエハ7表面に残ったリンス液を除去し、スピン乾燥させた。

【0064】つぎに、搬送機構によりウエハ7を準備室20内に移し、真空排気装置18bを作動させて準備室内を真空にしてから、バルブ23を開いて、搬送機構によりウエハ7をドライ洗浄チャンバ10内の試料加熱台12上に移し、ウエハ7を100℃に保持しながら、真空排気装置18を作動させて、チャンバ10内の真空度を高め、その真空度を維持した。

【0065】ウエハ7のコンタクトホール内の水分が十分に除去されたところで、実施例10と同様に、ガス供給機構13により洗浄ガスとして水素ガスを導入し、キャビティ14によりプラズマを発生させる水素ガスを励起させて、ウエハ7のドライ洗浄を行なった。

【0066】以上のようにして洗浄されたウエハ7に対して、実施例1と同様にポリシリコン膜9を形成してコンタクト抵抗を測定したところ、実施例10と同様に、良好な結果が得られた。

【0067】(実施例20) 本実施例では、バッチ処理によりシリコンウエハ表面を洗浄した。本実施例で用いた洗浄装置を図7に示す。

【0068】本実施例で用いた洗浄装置は、実施例1で用いた洗浄装置の構成に加えて、ドライ洗浄チャンバ10にゲートバルブ23を介して連通された真空乾燥室27と、該真空乾燥室27内を減圧するための真空排気装置18cと、真空乾燥室27に連通されたバッチウエット洗浄チャンバ24と、各チャンバ24、27、10間でウエハ7を搬送するための搬送機構(図示せず)とを備える。バッチウエット洗浄チャンバ19は、内部にRCA洗浄槽25および水洗層(図示せず)と、フッ酸洗浄槽26および水洗層(図示せず)と、各槽間のウエハ7の搬送のための搬送機構(図示せず)とを備える。

【0069】つぎに、本実施例の洗浄方法について説明する。なお、洗浄前に、バッチウエット洗浄チャンバ24のRCA洗浄槽25には実施例1と同様のRCA洗浄液を、フッ酸洗浄槽26にはフッ化水素酸(約0.25重量%)を、各水洗層には水を、それぞれ満たしておく。

【0070】まず、ウエハ50枚(以下、ウエハ群とよぶ)を一組として、バッチ式ウエット洗浄チャンバ24のRCA洗浄槽25に10分間浸した後水洗層に10分間浸し、さらにフッ酸洗浄槽26に30秒間浸した後水

18

洗層に30秒間浸す。なお、フッ酸洗浄は省略してもかまわない。

【0071】つぎに、ウエハ群を、搬送機構により真空乾燥室27に移し、真空排気装置18cを作動させて真空乾燥室27内を真空にして10分保持した後、バルブ23を開いて、搬送機構によりウエハ7をドライ洗浄チャンバ10内の試料加熱台12上に移し、実施例19と同様にドライ洗浄を行った。なお、本実施例においても、実施例19と同様、ドライ洗浄は枚葉処理である。

【0072】以上のようにして洗浄されたウエハ7に対して、実施例1と同様にポリシリコン膜9を形成してコンタクト抵抗を測定したところ、実施例10と同様に、良好な結果が得られた。

【0073】(実施例21) 本実施例では、図8に示した成膜装置を用いて、シリコンウエハ表面の洗浄および成膜を行った。

【0074】本実施例で用いた成膜装置は、ロード・アンロード部28と、洗浄部29と、モニタ機構30と、成膜部80とを備える。ロード・アンロード部28と洗浄部29との間、および、洗浄部29と成膜部80との間は、それぞれゲートバルブ23を介して連通されており、ウエハ7の搬送のための搬送機構(図示せず)を備える。

【0075】ロード・アンロード部28は、処理対象のシリコンウエハ7の投入および搬出のためのチャンバである。洗浄部29は、ウエハ7のウエット洗浄、真空乾燥およびドライ洗浄を枚葉処理により行う機構であり、実施例19の洗浄装置と同様の構成を有する。モニタ機構30は、洗浄部29に取り付けられており、ドライ洗浄後のウエハ7表面の清浄度一定に保つための機構である。

【0076】まず、本実施例におけるモニタ機構30について説明する。なお、本実施例のモニタ機構30のハードウェア構成は、図10に示すように、センサ91と、主記憶装置101および中央演算処理装置(CPU)102を備える情報処理装置103とからなる。

【0077】本実施例のモニタ機構30は、図9に示すように、ドライ洗浄後のウエハ7表面の清浄度を検出するセンサ91と、洗浄部29の搬送機構94に回線を介して接続された戻し搬送手段92と、センサの検出結果に応じて戻し搬送手段92を制御する制御手段93とを備える。本実施例では、戻し搬送手段92と制御手段93とは、主記憶装置101にあらかじめ保持されたインストラクションをCPU102が実行することにより実現される。しかし、本発明はこれに限られず、例えば専用回路など、他の手段により実現されてもよい。

【0078】戻し搬送手段92は、洗浄部29の搬送機構94を逆向きに動作させることにより、ドライ洗浄後のウエハ7を枚葉ウエット洗浄チャンバ19内のスピン

ナ22上に戻す手段である。なお、ドライ洗浄チャンバ10（または準備室20）に戻し、ドライ洗浄を再実行するようにしてもよい。

【0079】制御手段93は、ドライ洗浄終了時に起動される。制御手段93は、図11に示すように、起動されるとまず、センサ91を介してドライ洗浄後のウエハ7表面の清浄度を読み込み（ステップ111）、読み込んだ清浄度があらかじめ定められた基準値と比較する（ステップ112）。基準値以上に清浄であれば、制御手段93は、成膜部80への搬送機構を起動させてウエハ7を成膜部80へ送り、処理を終了する（ステップ113）。基準値より汚染されていれば、制御手段93は、戻し搬送手段92に、ウエハ7をウェット洗浄チャンバ19へ戻させ、処理を終了する（ステップ114）。この制御手段93により、本実施例の成膜装置30では、成膜に供するウエハの表面が、常に基準値以上に清浄であることが担保される。

【0080】つぎに、本実施例の成膜部80について説明する。本実施例の成膜部80は、図8に示すように、成膜チャンバ31と、チャンバ31内にガスを供給するガス供給機構13aと、チャンバ内を加熱するための加熱ランプ32と、チャンバ31内を減圧するための真空排気装置18dとを備える。成膜チャンバ31内には、試料台33が設けられている。

【0081】上述のステップ113の結果、洗浄済みウエハ7は、搬送機構により成膜チャンバ31内の試料台33上に載置される。これを受けて、本実施例の成膜部80は、CVDにより基板表面に成膜する。すなわち、真空排気装置18dによりチャンバ31内の雰囲気吸引した後、ガス導入機構13aにより膜原料のガスを成膜チャンバ31に導入し、加熱用ランプ32によりウエハ7を加熱すれば、ウエハ7表面に膜を形成することができる。なお、低温プラズマを発生させる機構を設ければ、プラズマCVDにより成膜することもできる。また、高圧の電圧を印加できる電極やマイクロ波電源15などのプラズマを発生させる機構と、ターゲットの保持部とを設ければ、スパッタにより成膜することもできる。

【0082】

【発明の効果】本発明によれば、上述の従来技術における問題点を解消し、ウェット洗浄後、高アスペクト比のコンタクトホール内や高段差部をウォータマークを残すことなく効率良く乾燥させることができるので、高清浄な半導体基板を得ることができる。従って、本発明によれば、高アスペクト比コンタクトホールや高段差部を有

する素子をウォータマークレスで高清浄に洗浄できるため、半導体装置等のエレクトロニクス部品の歩留まりを高めることができ、コストを低く抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の洗浄原理を示した説明図である。

【図2】 実施例1におけるコンタクトホールの状態を示すための、シリコンウエハの部分断面図である。

【図3】 実施例1の洗浄装置の構成を示す説明図である。

10 【図4】 実施例11で用いたシリコンウエハの部分断面図である。

【図5】 比較例5における洗浄後のシリコンウエハ表面を示す、平面図および電子顕微鏡像模式図である。

【図6】 実施例19の洗浄装置の構成を示す説明図である。

【図7】 実施例20の洗浄装置の構成を示す説明図である。

【図8】 実施例21の洗浄装置の構成を示す説明図である。

20 【図9】 実施例21のモニタ機構の機能構成図である。

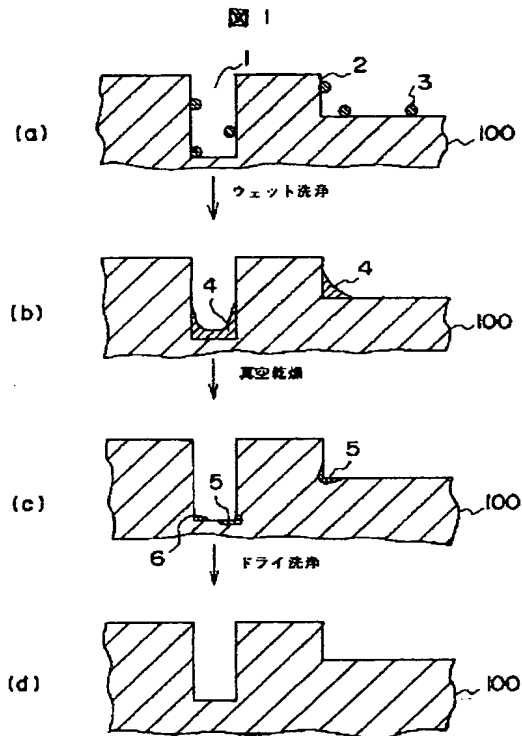
【図10】 実施例21のモニタ機構のハードウェア構成図である。

【図11】 実施例21のモニタ機構の処理を示す流れ図である。

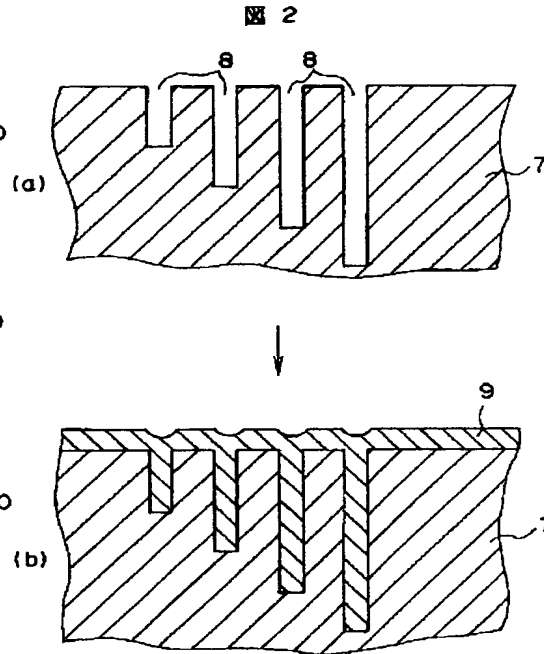
【符号の説明】

1…コンタクトホール、2…高段差部、3…異物、4…水、5…ウォータマーク、6…汚染、7…シリコンウエハ、8…高アスペクト比コンタクトホール、9…ポリシリコン膜、10…ドライ洗浄チャンバ、12…試料加熱台、13、13a…ガス供給機構、14…キャビティ、14a…ガス導入口、15…マイクロ波電源、16…紫外線ランプ、17…石英窓、18、18b～d…真空排気装置、18a、18e…真空吸引口、19…枚葉ウェット洗浄チャンバ、20…準備室、22…スピナ、23…ゲートバルブ、24…バッチウェット洗浄チャンバ、25…RCA洗浄槽、26…フッ酸洗浄槽、27…真空乾燥室、28…ロード・アンロード部、29…洗浄部、30…モニタ機構、31…成膜チャンバ、32…加熱ランプ、33…試料台、40…試料凹部、41…試料主表面、60…洗浄液供給機構、61…洗浄液またはリンス液、80…成膜部、91…センサ、92…戻し搬送手段、93…制御手段、94…搬送手段、100…半導体基板、101…主記憶装置、102…中央演算処理装置、103…情報処理装置。

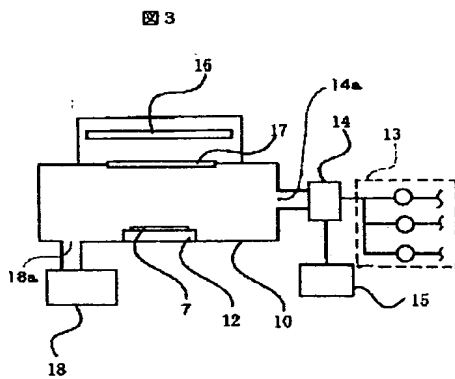
【図1】



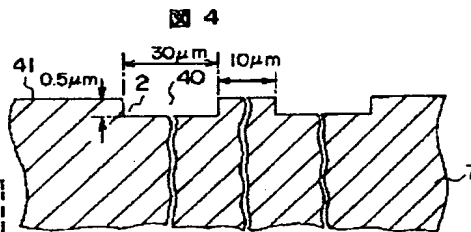
【図2】



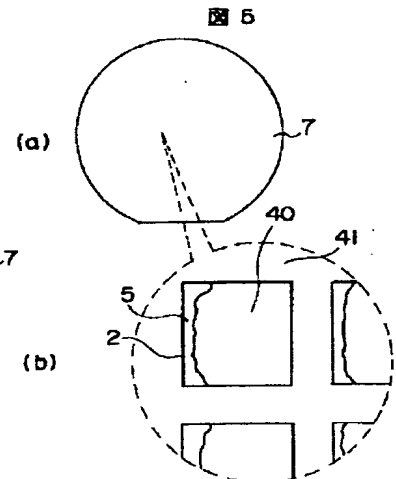
【図3】



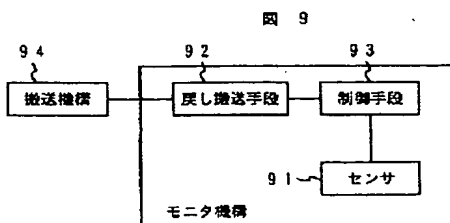
【図4】



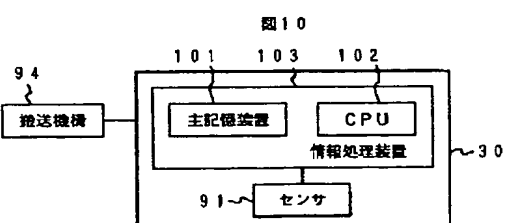
【図5】



【図9】

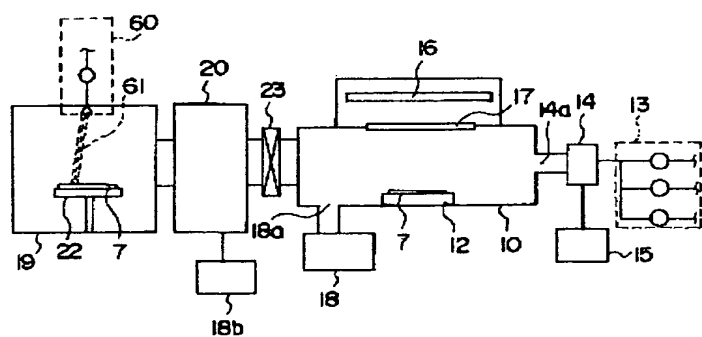


【図10】



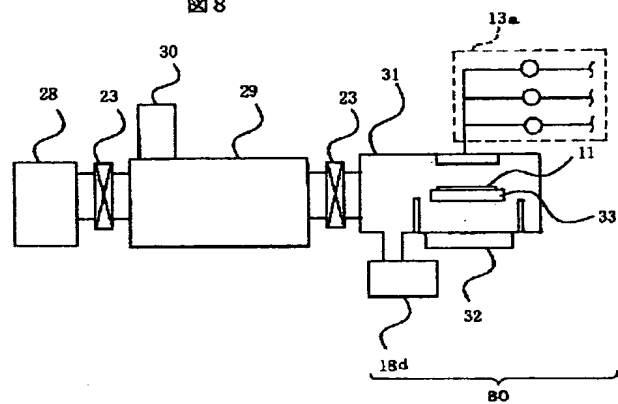
【図6】

図6



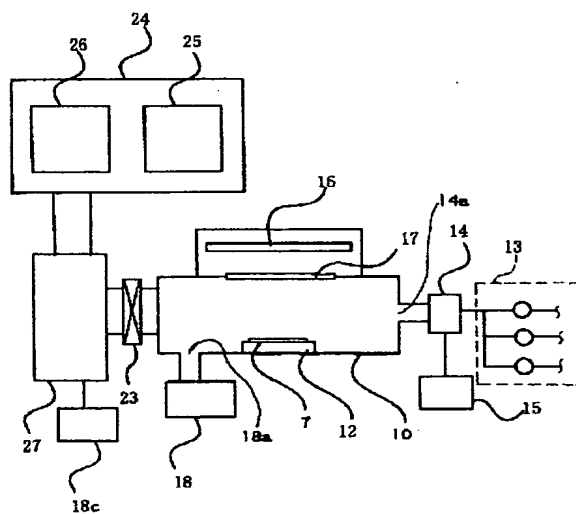
【図8】

図8



【図7】

図7



【図11】

図11

